

ГОРНАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ТОМ 1

**Под редакцией
Л.А. Пучкова, Г.Г. Пивняка**

*Допущено Учебно-методическим
объединением вузов Российской
Федерации по образованию
в области горного дела,
уполномоченным органом
Министерства образования
и науки Российской Федерации
в области грифования учебных
изданий для высшего горного
образования, в качестве учебника
для студентов вузов, обучающихся
по специальности «Электропривод
и автоматика промышленных
установок и технологических
комплексов» (квалификация
«горный инженер»)
направления подготовки
«Электротехника, электромеханика
и электротехнологии»*

*Допущено Министерством
образования и науки Украины
в качестве учебника
для студентов высших
учебных заведений*



МОСКВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО
УНИВЕРСИТЕТА

2007

УДК 622:621.31

ББК 31.27

Э 45

Издано при финансовой поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках Федеральной целевой программы «Культура России»

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г.

Экспертиза проведена Учебно-методическим объединением высших учебных заведений Российской Федерации по образованию в области горного дела (письмо № 51-97/6 от 21.09.06)

Рецензенты:

- кафедра «Теоретическая электротехника и электрификация нефтяной и газовой промышленности» Российского государственного университета нефти и газа (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. *М.С. Ершов*);
- кафедра «Автоматизация управления электротехническими комплексами» ИЭЭ Национального технического университета Украины (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. *В.М. Чермалых*);
- д-р техн. наук, проф. *А.Т. Ерыгин* (ИПКОН РАН)

Авторы:

А.В. Ляхомский, Л.А. Плащанский, Н.И. Чеботаев, В.И. Щуцкий
(Московский государственный горный университет),
Ф.П. Шкрабец, В.Т. Занка, Ю.Т. Разумный, А.Я. Рыбалко
(Национальный горный университет, Украина)

Э 45

Электрификация горного производства: Учебник для вузов: В 2 т. /
Под ред. Л.А. Пучкова и Г.Г. Пивняка. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2007. — Т. 1. — 511 с.: ил.

ISBN 978-5-7418-0452-0 (в пер.)

Рассмотрены особенности электрификации горных работ, приведены схемы внешнего электроснабжения горных предприятий; даны сведения об электрических нагрузках и режимах электропотребления; изложены вопросы электрического освещения подземных и открытых горных работ; рекомендованы меры защиты от поражения электрическим током, пожаров и взрывов; описаны системы распределения электроэнергии; представлено электрооборудование подстанций, распределительных пунктов на открытых горных работах, электрооборудование горных машин, комплексов и электровозного транспорта, а также решены вопросы энергоёмкости, энергоаудита и энергоменеджмента на горных предприятиях.

Для студентов, обучающихся по специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» (квалификация «горный инженер») направления подготовки «Электротехника, электромеханика и электротехнологии».

УДК 622:621.31

ББК 31.27

ISBN 978-5-7418-0454-4

ISBN 978-5-7418-0452-0 (Т. 1)

© Коллектив авторов, 2007

© Издательство МГГУ, 2007

© Дизайн книги. Издательство
МГГУ, 2007

Предисловие

Электрификация горных предприятий имеет исключительное значение как основная энергетическая база комплексной механизации и автоматизации горного производства. Современные карьеры и разрезы — крупные потребители электрической энергии, обладающие характерными особенностями, связанными с работой машин и агрегатов в условиях открытых горных работ (передвижной характер работы, метеорологические и климатические условия и ряд других факторов). Открытые горные работы обусловили ряд специальных требований к электрообеспечению предприятий, а также к решению проблем, связанных с соблюдением безопасности при эксплуатации электрохозяйства, с защитой от однофазных замыканий на землю, с защитой персонала от поражения электрическим током.

Развитие горного производства характеризуется распространением открытого способа разработки полезного ископаемого, поэтому рассмотрение вопросов электрификации производится в неразрывной связи с рабочими машинами, технологией производства и организацией работ.

Основными горными машинами на открытых горных работах являются одноковшовые и многоковшовые экскаваторы, горные комплексы, буровые станки, различные виды транспорта, многие из которых снабжены сложным электрооборудованием. Установленная мощность электрических машин на современном мощном экскаваторе достигает 20 000 кВт и более, что сравнимо со средним и даже крупным предприятием.

Горные машины и комплексы, особенно большой единичной мощности, требуют применения совершенных систем электрообеспечения горных предприятий, способствующих повышению производительности труда.

Важное значение имеет повышение напряжения горных машин и механизмов. Приводные двигатели мощных экскаваторов работают на напряжении 10 кВ, напряжение в контактных

сетях электровозного транспорта на карьерах при постоянном токе 3—6 кВ, при переменном токе — до 20 кВ. На мощных карьерах проектируется глубокий ввод напряжением 110 кВ. Особое значение имеет создание различных средств защиты и повышения электробезопасности при эксплуатации электрических сетей и электрооборудования.

Учитывая большую составляющую стоимости электроэнергии в себестоимости продукции, необходимость рационального использования и экономии электроэнергии, применительно к открытым и подземным горным работам рассмотрены влияние энергоемкости на общий расход электроэнергии, роль управления потреблением энергоресурсов, энергетический менеджмент, деятельность энергоменеджеров и значение энергоаудита.

Успешное внедрение нового электрооборудования, его эксплуатация и техническое обслуживание, улучшение экономической эффективности производства зависят от уровня подготовки производственного персонала, в частности инженерного состава карьеров и разрезов.

Учебник написан в соответствии с программой курса «Электрификация горного производства», изложение которого базируется на материале дисциплин «Электрические и электронные аппараты», «Основы электроснабжения горных предприятий», «Автоматизированный электропривод машин и установок горного производства». Вопросы, трактуемые в указанных дисциплинах, излагаются применительно к особенностям работы электрооборудования в условиях открытых горных работ.

Предисловие	5
Введение	7
 РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА	 19
 <i>Глава 1</i>	
Особенности электрификации горных работ	21
1.1. Условия эксплуатации и работы электрооборудования и электрических сетей	21
1.2. Требования к электрооборудованию	31
1.3. Особенности исполнения специального электрооборудования	37
1.4. Понятия о свойствах и характеристиках электроприемников	45
 <i>Глава 2</i>	
Энергетические показатели и тарифы на электроэнергию	55
2.1. Общие сведения	55
2.2. Основные положения Правил пользования электроэнергией	57
2.3. Тарифы на электроэнергию	59
2.4. Расход и потери электроэнергии	62
2.5. Экономия электроэнергии	64
 <i>Глава 3</i>	
Электрические нагрузки и режимы электропотребления	76
3.1. Основные положения	76
3.2. Электрические нагрузки	77
3.3. Регулирование режимов электропотребления	88
3.4. Обеспечение устойчивости работы горного производства	94
 <i>Глава 4</i>	
Внешнее электроснабжение горных предприятий	102
4.1. Принципы построения схем внешнего электроснабжения	102

4.2. Источники питания.....	107
4.3. Характерные схемы внешнего электроснабжения.....	108
4.4. Схемы подстанций и распределительных устройств.....	110
4.5. Условия присоединения к питающей системе	116

Глава 5

Электрическое освещение	118
5.1. Общие сведения	118
5.2. Основные светотехнические параметры.....	119
5.3. Электрические источники света	120
5.4. Осветительные приборы карьеров	130
5.5. Системы и оборудование электрического освещения	136
5.6. Рудничные осветительные приборы	138
5.7. Методы расчета электрического освещения	148
5.8. Автоматическое управление наружным освещением.....	161

Глава 6

Защита от поражения электрическим током, пожаров и взрывов.....	167
6.1. Условия безопасной эксплуатации подземных электрических сетей.....	167
6.2. Воздействие электрического тока на организм человека.....	169
6.3. Влияние режима работы нейтрали на уровень электробезопасности.....	175
6.4. Электрическая изоляция как главный фактор электробезопасности.....	182
6.5. Меры защиты от поражения электрическим током	192
6.6. Защитное заземление.....	194
6.7. Защитное отключение.....	207
6.8. Обеспечение пожаробезопасности электрооборудования в шахтах	236
6.9. Искробезопасность электрических цепей	242

Глава 7

Энергетический аудит предприятий горно-промышленного комплекса	249
7.1. Оценка энергопотребления и затрат на энергоресурсы.....	250
7.2. Расчет энергетических потоков	253
7.3. Анализ энергопотоков	267
7.4. Разработка энергосберегающих проектов	275
	509

7.5. Экспертиза энергосберегающих проектов.....	276
7.6. Представление результатов энергоаудита	280

Глава 8

Энергоменеджмент на горных предприятиях 284

8.1. Роль управления потреблением энергоресурсов.....	284
8.2. Функции и направления деятельности энергоменеджера	289
8.3. Принятия решения и его оценка	292
8.4. Планирование.....	294
8.5. Мотивация персонала.....	300
8.6. Проектирование эффективной работы и хороших условий труда.....	308
8.7. Анализ внешнего окружения	312
8.8. Стадии и основные составляющие энергоменеджмента	316
8.9. Энергетическая политика предприятия	320
8.10. Оценка текущего состояния энергоменеджмента	322
8.11. Организация энергетического менеджмента на предприятии	334
8.12. Мотивационное обеспечение энергоменеджмента	349

РАЗДЕЛ 2. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

357

Глава 9

Системы распределения электроэнергии..... 359

9.1. Принципы построения карьерных распределительных сетей.....	359
9.2. Схемы электроснабжения открытых горных работ	362
9.3. Устройство воздушных и кабельных линий.....	369
9.4. Особенности электроснабжения участков горных работ	371
9.5. Электроснабжение дренажных выработок	380
9.6. Повреждаемость элементов распределительных сетей.....	384
9.7. Защита электрических сетей открытых горных работ.....	391
9.8. Расчет электроснабжения участков открытых горных работ	411

Глава 10

Электрооборудование карьерных подстанций и распределительных пунктов 420

10.1. Схемы и устройство главных понизительных подстанций	420
---	-----

10.2. Передвижные комплектные трансформаторные подстанции	427
10.3. Выбор числа и мощности трансформаторов карьерных подстанций	434
10.4. Передвижка карьерных подстанций	441
10.5. Приключательные и передвижные распределительные пункты.....	444

Глава 11

Электрооборудование горных машин и комплексов	455
11.1. Электрооборудование одноковшовых экскаваторов	455
11.2. Электрооборудование транспортных машин непрерывного действия	470
11.3. Электрооборудование буровых станков	475

Глава 12

Электроснабжение и электрооборудование транспорта	480
12.1. Карьерный транспорт и его характеристика	480
12.2. Схемы и электрооборудование тяговых подстанций.....	484
12.3. Устройство тяговой сети.....	489
12.4. Расчет системы электроснабжения электровозов (тяговых агрегатов).....	494
Алфавитный указатель.....	506